



## 저작자표시-비영리-변경금지 2.0 대한민국

이용자는 아래의 조건을 따르는 경우에 한하여 자유롭게

- 이 저작물을 복제, 배포, 전송, 전시, 공연 및 방송할 수 있습니다.

다음과 같은 조건을 따라야 합니다:



저작자표시. 귀하는 원저작자를 표시하여야 합니다.



비영리. 귀하는 이 저작물을 영리 목적으로 이용할 수 없습니다.



변경금지. 귀하는 이 저작물을 개작, 변형 또는 가공할 수 없습니다.

- 귀하는, 이 저작물의 재이용이나 배포의 경우, 이 저작물에 적용된 이용허락조건을 명확하게 나타내어야 합니다.
- 저작권자로부터 별도의 허가를 받으면 이러한 조건들은 적용되지 않습니다.

저작권법에 따른 이용자의 권리는 위의 내용에 의하여 영향을 받지 않습니다.

이것은 [이용허락규약\(Legal Code\)](#)을 이해하기 쉽게 요약한 것입니다.

[Disclaimer](#)

치의학박사 학위논문

# TCP 배합 불소바니쉬의 법랑질 표면 재광화효과

2015년 8월

서울대학교 대학원  
치 의 학 과 예 방 치 학 전 공  
이 한 철

# TCP 배합 불소바니쉬의 법랑질 표면 재광화효과

지도교수 진 보 형

이 논문을 치의학박사 학위논문으로 제출함  
2015년 4월

서울대학교 대학원  
치위학과 예방치학전공  
이 한 철

이한철의 치의학박사 학위논문을 인준함  
2015년 6월

위 원 장 \_\_\_\_\_ (인)

부위원장 \_\_\_\_\_ (인)

위 원 \_\_\_\_\_ (인)

위 원 \_\_\_\_\_ (인)

위 원 \_\_\_\_\_ (인)

국문초록

# TCP 배합 불소바니쉬의 법랑질 표면 재광화효과

서울대학교 대학원 치의학과 예방치학전공

이 한 철

(지도교수 : 진 보 형)

불소국소도포 방식 중 불소바니쉬 적용은 치아우식증 예방과 탈회된 법랑질의 재광화를 위하여 사용되는 용이한 방법 중 하나로, 사용법이 쉽고 환자 협조도에 덜 의존적이다. 일상적인 우식예방제제로 사용될 만큼 안전하고 효과적인 불소바니쉬는 특히 치아우식증에 이환되기 쉬운 고위험군 환자에게 효과적이다. 불소바니쉬의 재광화 효과 평가 및 적절한 도포 후 경과시간에 관한 실험실 연구 및 이를 통한 법랑질 탈회 예방과 법랑질 재광화 효과를 관찰하기 위해 임상시험을 진행하였다. 먼저, 실험실 연구에서는 인공 탈회된 법랑질 시편을 각각 30분, 1시간, 3시간, 6시간, 12시간, 24시간의 6개 실험군으로 분류한 후, 3종의 불소바니쉬 제품 도포 후 경과시간에 따른 법랑질 재광화 효과를 QLF를 이용하여 비교분석하였다. 임상시험은 서울대학교 치의학대학원 연구윤리심의위원회 심의를 거친 후에, 환자에게 연구 참여에 대한 동의를 구하여 실시하였다. 교정 치료를 위해 발거 예정대상인 소구치를 불소바니쉬도포 교정밴드장착실험군과 불소바니쉬비도포 교정밴드장착대조군으로 나누어 4

주 경과 후 법랑질 탈회 억제효과를 비교분석하였고, 이차적으로 두 군에 각각 불소바니쉬를 도포한 후 다시 4주간 교정용 밴드를 장착하여, 4주 후에 탈회된 치면에 대한 불소바니쉬 도포 효과와 불소바니쉬 재도포에 의한 법랑질 재광화 효과를 비교하여 다음과 같은 결론을 얻었다.

1. TCP를 배합한 불소바니쉬 2종은 도포 6시간 경과 후 법랑질 형광량이 유의하게 증가하였고, TCP를 배합하지 않은 불소바니쉬는 도포 12시간 경과 후 법랑질 형광량이 유의하게 증가하였다.
2. 불소바니쉬비도포 교정밴드장착대조군은 4주 경과한 후에 형광량이 통계적으로 유의하게 감소한 반면, 불소바니쉬도포 교정밴드장착실험군에서는 유의한 형광량 감소가 나타나지 않았다.
3. 임상시험 4주차에 발거된 소구치의 SEM 정성분석 결과는 대조군에서 자연탈회가 진행되는 양상이 관찰되었고, 실험군에서는 탈회가 진행되지 않는 평활한 형태가 관찰되었다. 임상시험 8주차에 발거된 소구치의 SEM 정성분석 결과는 불소바니쉬 재도포 군에서 평활한 표면상태가 유지되었고, 4주간 자연 탈회 후 불소바니쉬 도포군에서는 구상형태의 재광화된 법랑질 표면이 관찰되었다.
4. 임상시험 8주차의 불소바니쉬재도포군은 초기에 불소바니쉬를 도포한 임상시험 4주차의 형광량에 비해 형광량이 약간 감소하였으나, 통계적 유의성은 없었다. 4주간 자연탈회 후 불소바니쉬를 도포한 임상시험 8주차의 형광량은 4주간 자연탈회한 임상시험 4주차의 형광량에 비해 증가하는 경향을 보였으나, 통계적으로 유의한 차이는 없었다.

---

**주요어 :** 법랑질 표면, 불소바니쉬, 재광화, 탈회, QLF, SEM

**학번 :** 2007-31004

## 목 차

I	서론	-----	1
II	연구배경	-----	3
III	연구대상 및 방법	-----	6
IV	연구결과	-----	15
V	고안	-----	26
VI	결론	-----	30
	참 고 문 헌	-----	32
	Abstract	-----	39

## 표목차

Table 1. The brand names and main components of the fluoride varnish used.	6
Table 2. QLF measurement site by group.	12
Table 3. The mean $\Delta F$ of each group according to the duration of remineralization.	16
Table 4. The mean $\Delta\Delta F$ of each group according to the duration of remineralization.	19
Table 5. The mean $\Delta F$ and $\Delta\Delta F$ of each group at 4 weeks.	21
Table 6. The mean $\Delta F$ and $\Delta\Delta F$ of each group on maxilla at 4 weeks.	22
Table 7. The mean $\Delta F$ and $\Delta\Delta F$ of each group on mandible at 4 weeks.	22
Table 8. The mean $\Delta F$ and $\Delta\Delta F$ of each group after reapplication on experimental group at 8 weeks.	23
Table 9. Fluorescence difference after application on control group at 8 weeks.	23

## 그림 목차

Fig. 1. Scattering properties of tooth tissue allow contrast enhancement.	5
Fig. 2. Experimental procedure.	10
Fig. 3. QLF main-board and handpiece product.	10
Fig. 4. Scheme of <i>in vivo</i> study design.	13
Fig. 5. The mean $\Delta F$ of control group according to the duration of remineralization.	17
Fig. 6. The mean $\Delta F$ of White varnish <sup>®</sup> group according to the duration of remineralization.	17
Fig. 7. The mean $\Delta F$ of V-varnish <sup>®</sup> group according to the duration of remineralization.	18
Fig. 8. The mean $\Delta F$ of white Fluoro Dose <sup>®</sup> group according to the duration of remineralization.	18
Fig. 9. The mean $\Delta\Delta F$ of each group according to the duration of remineralization.	20
Fig. 10. Quantitative light-Induced fluorescence image on fluoride varnish reapplication group (upper right, #10).	24
Fig. 11. Quantitative light-Induced fluorescence image on fluoride application group after 4 weeks nature demineralization (lower right, #40).	24
Fig. 12. Scanning electron micrograph of the teeth after fluoride application at 4 weeks.	25
Fig. 13. Scanning electron micrograph of the teeth after fluoride application at 8 weeks.	25



## I. 서 론

백색병소의 초기 법랑질 우식병소는 우식 와동이 형성되기 전의 법랑질 탈회 현상이며 이러한 현상은 후에 진행 우식병소로 이환될 수 있다. 초기 우식 발생과정에서는 법랑질 표층의 탈회와 재광화가 반복적으로 이루어지는 현상을 보이는데<sup>1)</sup>, 특히 치면세균막이 침착되어, 우식민감도가 높은 교정치료환자에서 백색병소의 발생은 50%까지 보고되고 있으며, 이러한 현상은 밴드나 브라켓 등 교정장치를 장착한 4주후부터 발현될 수 있다<sup>2)</sup>. 백색병소는 고정식 교정장치를 사용하는 교정환자에서 관찰되는 가장 흔한 합병증의 하나이다<sup>3)</sup>.

이러한 백색병소는 향후에 우식병소로 진행될 수 있을 뿐 아니라, 교정치료가 완료된 후 수년간 심미적으로 문제를 일으킬 수도 있다<sup>4)</sup>. 이러한 백색병소는 그 위치를 파악하기 어려우며, 눈으로 이미 발견될 때에는 심각한 탈회양상을 보이는 경우가 많다<sup>5)</sup>.

백색병소 발생을 예방하기 위해서는 불소세치제를 이용한 적절한 잇솔질이 좋은 구강관리법으로 추천되고 있으나<sup>5)</sup>, 협조도가 부족한 환자의 경우 불소세치제 사용만으로는 백색병소를 효과적으로 예방하는데 문제가 있을 수 있다. O'Reilly와 Featherstone 등<sup>6)</sup>은 교정장치 주변 탈회 가능성이 높은 부위에 불소양치액을 사용하여 건전 법랑질과 초기 우식병소에서 탈회예방효과가 있음을 보여주었으며, 또한 Geiger 등<sup>7)</sup>도 교정환자에게 불소양치액을 장기간 사용하게 하여 유사한 결과를 얻었다. 하지만, 이러한 우식 예방법들은 환자의 협조도에 의존해야하는 단점이 있다.

Bravo<sup>8)</sup>는 다양한 불소제품(겔, 바니쉬, 세치제 및 불소양치액) 중에서 불소바니쉬가 가장 조작법이 쉬우며 환자 협조도에 덜 의존적이기 때문에 사용이 용이하다고 주장하였다. 불소바니쉬는 치아표면에 부착하여 얇은 막의 형태를 유지하면서 장기간 불소를 방출하게 되는데<sup>9)</sup>, Beltran-Aguilar 등<sup>10)</sup>은 불소바니쉬가 의료용 제제로써뿐 아니라 일상적인 우식예방제제로 안전하고 효과적

이라고 설명하였다. 그러므로 치아우식증에 이환되기 쉬운 고위험군 환자에서 불소바니쉬는 효과적으로 치아우식예방제로 사용할 수 있다고 할 수 있다.

이번 연구의 목적은 실험실 실험으로 탈회된 법랑질 시편에 TCP를 배합한 불소바니쉬와 TCP를 배합하지 않은 불소바니쉬를 적용하여 불소바니쉬의 법랑질 재광화 효과를 평가하고 효율적인 도포 후 경과시간을 알아보고자 하였으며, 임상시험으로 교정 치료를 위해 발거 예정대상인 소구치에 불소바니쉬를 도포하여 불소바니쉬의 법랑질 탈회예방효과와 재광화 효과를 평가하고자 하였다.

## II. 연구배경

치아우식증에 불소를 이용하는 방법으로 크게 불화된 상수도수를 섭취하는 방법과 불소보조제를 복용하는 방법, 불소세치제, 불소양치액 그리고 전문가 불소도포법이 있다<sup>11)</sup>. 전문가불소도포법 중에 불소바니쉬는 1964년에 처음으로 5% 불화나트륨을 함유한 Duraphat (Woelm Pharma Co., Eschwege, Germany)가 시판되었고, 그 후 1975년에 2세대 불소바니쉬인 Fluor Protector (Vivadent, Schaan, Liechtenstein)이 개발되어 시판되었으며, 현재는 Cavity Shield (3M ESPE Co., MN, USA) 등과 같이 브러쉬와 함께 개별 포장된 3세대 불소바니쉬들이 시판되고 있다<sup>12)</sup>.

이러한 불소바니쉬의 효과를 비교해 본 결과, Ogaard 등<sup>13)</sup>은 불소바니쉬 도포 유·무에 따라 법랑질 병소의 형성을 평가하고, 불소바니쉬 사용으로 우식 병소 깊이가 48% 감소하는 효과를 보고하였다. 또한 Shobha 등<sup>14)</sup>과 Tewari 등<sup>15)</sup>은 불소겔보다 불소바니쉬가 더 우수한 우식예방효과를 보인다고 하였으며, Seppa 등<sup>16)</sup>은 불소겔과 불소바니쉬의 예방효과의 차이에서 유의성이 없다고 하였다.

불소바니쉬는 오랜 접촉시간과 적용 이후에 적극적인 불소 유실을 예방하고 천천히 유리되는 저장고 역할을 한다<sup>17)</sup>. 불소바니쉬 적용은 빠르고 간단하며, 특별한 기술을 요구하지 않아 치면에 적용하기 위한 준비가 용이하다. 또한 구토와 삼킴이 잘 생기지 않는다<sup>18)</sup>. 그러므로, 치아우식증에 이환되기 쉬운 고위험군 환자에서 불소바니쉬 사용은 안전하고 효과적이라 할 수 있다.

바니쉬에 사용되는 불소는 주로 불화나트륨이며 그 외 비활동성 원료로 saccharin이나 xylitol같은 인공감미료, beeswax 혹은 whitewax, sodium이온 안정을 위한 겔형의 구조를 만들기 위한 ethanol, 바니쉬가 타액에 용해되는 것을 막고 단단한 표면을 만들어주는 shellac과 mastic 그리고 유동성을 조절하기 위한 kolophonium 등이 첨가된다<sup>19)</sup>.

최근에는 불소함유한 치약에 fTCP (functional tricalcium phosphate)를 첨가하여 우식병소에 더 많은 재광화효과를 보인 연구들이 있다<sup>20,21)</sup>. 실험실 실험에서 기존의 전통적인 brown 5% NaF 불소바니쉬 보다 fTCP가 함유된 white 불소바니쉬가 표면미세경도를 유의하게 증가시켜 바니쉬의 보호능력이 증가되었다는 연구도 있다<sup>22)</sup>. 또한 fTCP보다 CPP-ACP (casein phosphopeptide- amorphous calcium phosphate)가 더 효과적이라는 연구도 있으며<sup>23)</sup>, 불소에 CPP-ACP와 TCP를 동시에 추가하는 경우 실험실 실험에서 치아의 표면경도를 증가시킨다는 연구도 있다<sup>24)</sup>.

본 연구에서는 심미적으로 우수한 화이트 불소바니쉬 중에서 기존의 5% NaF 불소바니쉬와 TCP 배합 불소바니쉬를 사용하여, 법랑질의 재광화 효과와 권장될 수 있는 도포 후 경과시간에 대한 연구를 수행하고자 하였다.

교정치료 환자들에서 발생하는 치아우식증을 예방하기 위하여 불소제제, 클로로헥시딘 및 기타 항균제제 등 다양한 제제들을 사용하고 있지만, 현재까지 불소제제를 가장 보편적으로 적용하고 있다. 인공적으로 자연탈회 환경을 만들어 재광화 효과를 평가한 연구가 드물고, 현재 대부분 연구들은 대조군에 비해 우식 발생률이 떨어짐을 평가한 임상연구들이 대부분이며, 우식발생에 취약한 환자군임에도 불구하고 불소바니쉬 적용에 대한 정확한 임상적 적용 지침이 될 연구가 부족한 실정이다.

최근 초기우식을 평가하기 위해 다른 물리적인 신호(visible light, laser light, electronic current, ultrasound)에 기반한 다양한 진단 시스템이 발전하고 있다<sup>25)</sup>. 그중 광학 현상에 기초를 두는 진단기구는 digitized fiber optic transillumination (DI-FOTI), Diagnodent, quantitative light-induced fluorescence (QLF) 등이 있다. Fiber optic transillumination (FOTI)는 법랑질에서 빛이 산란되는 특성에 기초한 시각적인 관찰 기술이며, 이를 평가하기 위해 산란된 빛을 모아서 컴퓨터 모니터에 보여주는 것이 DI-FOTI이다. 주로 인접면 우식을 관찰하는데 사용된다. DI-FOTI는 관찰자의 주관적인 시각화에 의해 획득되는 한계가 있으며<sup>26)</sup>, Diagnodent는 diode laser를 광원으로 655

nm의 빛을 치아에 조사하여 건강한 법랑질과 탈회된 법랑질 간의 반사되는 빛의 형광 차이를 가지고 우식 정도를 파악한다. 교합면의 우식병소에 높은 민감도와 특이도를 보인다<sup>27,28)</sup>.

QLF™는 초기 우식증을 감지하고 우식의 진행과 재광화를 지속적으로 감시할 수 있는 가시광선 시스템이다. 50-W xenon arc lamp에서 나온 빛이 필터에 의해 걸러져 370 nm 파장을 가진 푸른빛이 치아를 통과한다. 치아에서 방출된 빛은 다시 필터에 의해 걸러져 녹색빛 만을 CCD 카메라가 감지하게 된다. 치아표면에 녹색색광을 비추어 형광을 발산하는데 탈회부위에서의 형광 산란량이 증가되어 법랑질보다 어두워지는 특성을 이용하여 무기질 소실량을 수치화하여 나타낸다<sup>29)</sup>. 건전한 법랑질 조직에서 녹색이 우세하게 나타나고, 탈회된 법랑질에서는 자가 형광성이 감소하도록 고안된 프로그램을 통해 정량화된 무기질소실량( $\Delta F$ )을 측정할 수 있다<sup>30)</sup>.

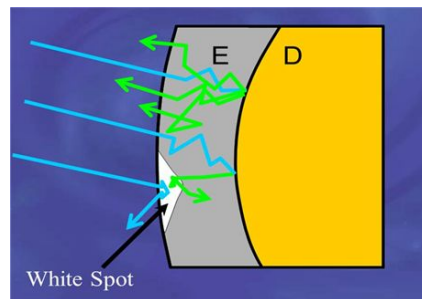


Fig. 1. Scattering properties of tooth tissue allow contrast enhancement

환자 치아의 법랑질 탈회정도를 임상적으로 평가하기 용이한 QLF™는 비침습적인 방법으로 법랑질 탈회량을 측정할 수 있는 방법이다<sup>31,32)</sup>. 또한 Diagnodent®보다 우식관측이 정확하며, confocal laser microscopy와 비교해도 손색이 없다고 하였다<sup>33)</sup>. Aljehani 등<sup>34)</sup>은 QLF™가 무기질 소실의 평가에 가장 우수한 횡단미세방사선법(TMR)과 0.84의 높은 상관 계수를 보였다고 하였다.

### Ⅲ. 연구대상 및 방법

이 연구는 서울대학교 치의학대학원 임상실험연구 윤리위원회(Institutional Review Board)에 의해 승인을 받은 후(IRB number. S-D20130018), 실험실 실험(in vitro)으로 기존의 5% NaF 불소바니쉬와 TCP를 배합한 불소바니쉬를 대상으로, 법랑질의 재광화 효과와 효율적인 도포 후 경과시간을 탐색하였고, 임상시험으로 불소바니쉬의 재광화 효과를 비교하기 위해, 혈거운 교정밴드를 이용한 자연탈회 모델을 이용하여 재광화 효과를 평가하였다.

#### 1. 대상 불소바니쉬

본 연구에서는 상용되고 있는 불소바니쉬 제품 중 심미적으로 우수한 흰색의 국내·외 제품 3종을 선택하여 사용하였다(Table 1).

Table 1. The brand names and main components of the fluoride varnish used

Code	Brand Name	Composition	Manufacturer
EXP 1	White Varnish	5% NaF, TCP, rosin, xylitol	3M ESPE, MN, USA
EXP 2	V-Varnish	5% NaF, TCP, rosin, xylitol	Vericom, Seoul, Korea
CTL	Fluoro Dose	5% NaF	Centrix, CT, USA

## 2. 불소바니쉬의 임상시험 (in vivo) 연구 대상자

임상시험은 불소바니쉬가 법랑질 탈회 예방과 재광화에 미치는 영향을 평가하기 위해 시행하였다. 소구치 교정발거 예정인 환자 7명을 대상으로 시험을 진행하였으며, 대상자의 발거예정 소구치 4개씩 총 28개를 대상으로 하였다. 연구목적에 동의한 사람 중 다음과 같은 선정기준과 제외기준에 따라 연구대상자를 구하였다.

### 2.1. 선정기준

- 교정 치료 진행 예정 환자 중 건전한 소구치 4개를 가지며 발거 예정인 자
- 만 13세 이상 55세 이하로 전신질환이 없는 자
- 소구치 협면에 우식병소나 white spot이 없는 자
- 교정장치에 알러지가 없는 자

### 2.2. 제외기준

- Loe and Silness Gingival index 치은검사기준에 따라 심한 치주질환이 있는 환자 (GI index  $\geq$  3)
- Saliva-check mutans (GC, Tokyo, Japan) 검사결과 우식활성도가 높은 환자(타액 내 500,000 CFU/ml 이상 *S.mutans*가 상존)

### 3. 연구방법

#### 3.1. 법랑질 시편제작 및 우식병소 유발

육안으로 치아 형태가 온전하고, 치아 우식병소가 없는 건전한 소의 영구절치로 직경 5 mm의 원통형 법랑질 시편을 성형하여 아크릴 레진에 포매하고, 시편을 600 grid부터 2,000 grid 연마지를 사용하여 단계별로 연마한 후, 미세경도측정기(Shimadzu, HMT-2, Kyoto, Japan)를 이용하여 40배 현미경으로 법랑질 표면 상태를 확인하였다. 400개의 시편 중 평균값(VHN 250)에 근접한 시편 228 개 [대조군 12 개; 실험군 216 개 = 3종 × 6가지 적용시간 (30 분, 1 시간 3 시간, 6 시간, 12 시간, 24 시간) × 각 12 개 시편]를 사용하였다. 선별된 법랑질 시편을 48시간 동안 37℃ 0.2% carbopol과 0.1M 농도의 lactic acid가 포함된 탈회용액으로 인공우식병소<sup>35)</sup>를 만든 후 증류수에 10초 동안 세척하고 3초 동안 압축공기로 시편을 건조시켜, QLF™ (Inspector Research System BV, Amsterdam, Netherlands)를 이용하여,  $\Delta F$ 값을 측정하였다.

#### 3.2. 인공타액 처리

시편 표면에 바니쉬 10 mg을 도포하고 4분이 경과한 다음 인공타액에 담가 구강내 환경을 재현하였으며, 인공타액의 조성은 Bennick과 Cannon<sup>36)</sup>이 제시한 simulated salivary buffer용액을 사용하였다.

바니쉬 도포 후 각각 30분, 1시간, 3시간, 6시간, 12시간, 24시간 경과 후 제거한 6개 군으로 QLF™의 baseline값에 따라 층화 무작위 배정으로 각 군당 12개 시편을 배정하였다.



### 3.3 시편법랑질탈회량 측정

불소바니쉬 도포 후 각각의 제거 시점에 따라 30분, 1시간, 3시간, 6시간, 12시간, 24시간 경과한 다음 인공타액에서 꺼내어, 메쓰를 이용하여 여분의 바니쉬를 제거하였다. 그리고 표면에 잔류한 바니쉬는 Lee 등<sup>37)</sup>이 최적의 양치질 적용 힘으로 제시한 300g 하중(Weight, Arirang Science, Korea)으로 전동칫솔(Oral-B advance power, Braun, Cincinnati, Ohio, USA)을 30초간 적용하여 제거하였다(Fig. 2). 바니쉬 제거 후, 증류수에 10초 동안 세척하고 3초 동안 압축공기로 건조시킨 후  $\Delta F$ 값을 측정하였다<sup>38)</sup>.

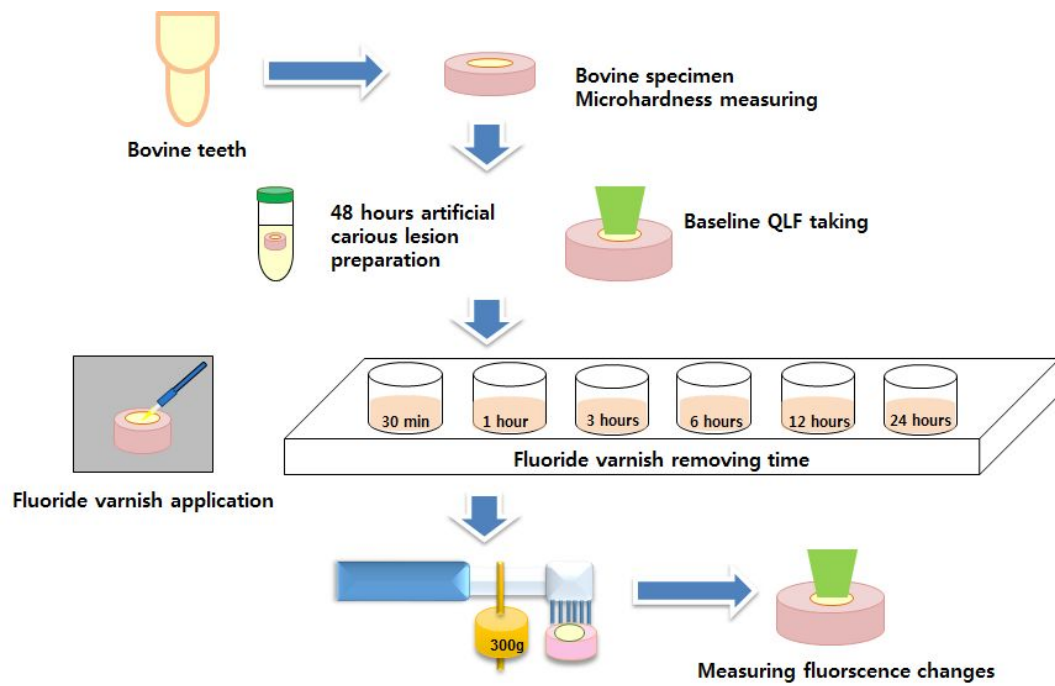


Fig. 2. Experimental procedure



Fig. 3. QLF mainboard and handpiece product

### 3.4. 임상시험을 위한 불소바니쉬 도포

#### 3.4.1. 1차 임상시험

모든 연구대상 교정환자의 소구치 근심면과 원심면에 separation ring을 1주일간 넣어서 공간을 확보한 뒤, 실제 맞는 크기보다 3단계 더 큰 밴드(Bicuspid band, Tomy, Japan)를 선택하여 약 1 mm 정도의 공간을 확보하고, 음식물과 치면세균막이 축적되어 자연 탈회 발생할 수 있도록 치아표면의 환경을 조성하였다. 실험군(#10, #30) 14개 치아는 불소바니쉬(V-varnish, Vericom, Korea)를 도포한 뒤 밴드를 장착하였고, 대조군(#20, #40) 14개 치아는 밴드만 장착한 후, 4주 뒤 밴드를 제거하여 형광량을 측정하였다.

#### 3.4.2. 2차 임상시험

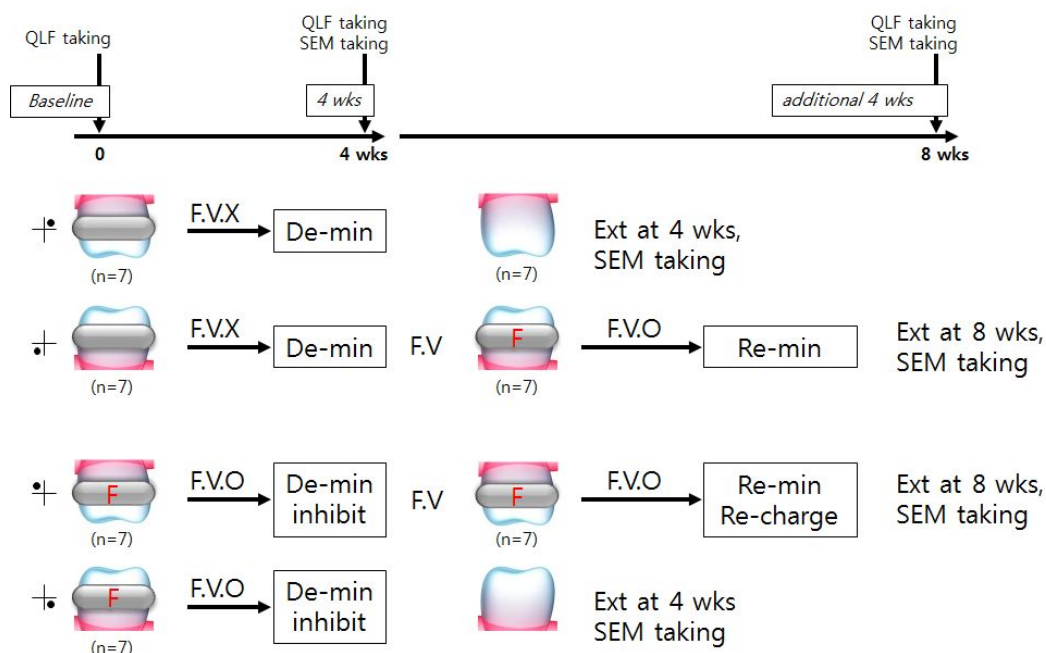
불소바니쉬 도포효과를 확인하기 위해, 1차적으로 불소바니쉬를 도포했던 상악 우측 소구치(#10)와 자연 탈회를 유발했던 하악 우측(#40) 소구치에 불소바니쉬를 도포한 뒤 밴드를 재장착하고, 4주 뒤에 밴드를 제거하여 형광량을 측정하였다. 상악 우측 소구치에서는 불소바니쉬 재도포 효과를 측정하였고, 하악 우측 소구치는 4주간 자연 탈회된 치아에 불소바니쉬 도포 후 재광화 효과를 측정하였다.

Table 2. QLF measurement site by group

	QLF measurement site	QLF after 4 weeks	QLF after 8 weeks
Control group	Upper left premolar (#20)	Banding after no treatment	Premolar extraction at 4 weeks
	Lower right premolar (#40)	Banding after no treatment	Banding after application fluoride varnish at 4 weeks
Experimental group	Upper right premolar (#10)	Banding after fluoride varnish application	Banding after re-application fluoride varnish at 4 weeks
	Lower left premolar (#30)	Banding after fluoride varnish application	Premolar extraction at 4 weeks

### 3.5. 치아법랑질 형광량 비교

실험 소구치군(#10, #30)과 대조 소구치군(#20, #40) 법랑질의 형광량은 QLF™를 이용하여 실험 전과 4주 및 8주 후에 측정하여, 시간 경과에 따른 탈회량과 바니쉬 도포에 따른 탈회예방효과를 관찰하였다. 백색병소가 가장 호발하는 부위인<sup>39)</sup> 치경부 1/3부위와 중앙 1/3부위 사이의 중앙부를 선정하였고(Fig. 10, 11), 측정부위를 표준화 하기 위해 환자를 upright position상태로 앉히고, 소구치 교정호선을 기준으로 동일 부위를 4주와 8주 후에 재촬영하였다. 재촬영시에는 초기 측정 시에 설정한 위치에 맞추도록 QLF™ 측정부위를 조정하였고, 모든 측정은 1인의 측정자에 의해서 반복 측정되었다.



PM, premolar; F, fluoride varnish; FVO, fluoride varnish application; FVX, fluoride varnish non application; Ext, extraction; Re-min, remineralization; De-min, demineralization; SEM, scanning electron microscopy.

Fig. 4. Scheme of *in vivo* study design

### 3.6. 발거된 치아 표면 관찰

시간 경과에 따른 치아표면의 변화를 관찰하기 위하여 불소바니쉬 비도포 4주 경과군(#20), 불소바니쉬 도포 후 4주 경과군(#30), 불소바니쉬 비도포 후 도포군(#40), 불소바니쉬 도포 후 재도포군(#10)으로 나누어, 발거한 치아표면을 주사전자현미경 (SEM, S-4700, Hitachi, Tokyo, Japan)으로 관측하였다. 1차 임상시험 후에 불소바니쉬 도포 유·무에 따른 치아표면의 변화를 관찰하기 위해 불소바니쉬 도포 후 4주 경과군(#30)과 자연 탈회군(#20)의 치아를 발거하였고, 2차 임상시험 후에는 나머지 치아(#10, #40)를 발거하여, 치아표면 측정 전까지 100% humider에 보관하였다.

### 3.7. 통계분석

실험실 실험에서 대조군과 3종의 바니쉬(White varnish<sup>®</sup>, V-varnish<sup>®</sup>, Fluoro dose<sup>®</sup>)를 각각 불소바니쉬 도포 경과시간(30분, 1시간, 3시간, 6시간, 12시간, 24시간)에서의 형광량 변화( $\Delta\Delta F$ )를 분산분석과 사후검정을 통해 분석하였고, 각각의 시간에서의 제품군 간의 변화량 차이를 분산분석과 사후검정을 통하여 비교하였다. 모든 자료는 전산으로 입력하였고, PASW통계패키지 Version 21.0 (SPSS Inc. Chicago, IL, USA)을 이용하여 통계적 유의수준 0.05에서 분석하였다.

임상시험 전·후의 형광량 변화량은 T-검정을 이용하여 분석하였으며, 모든 자료는 전산으로 입력하였고, PASW통계패키지 version 21.0을 이용하여 유의수준 0.05로 분석하였다.

## IV. 연구 결과

### 1. 불소바니쉬 도포 후 경과시간에 따른 형광량

실험실 실험 결과 불소바니쉬 도포 후 경과시간에 따른 형광량은 Table 3과 같이 대조군에서는 3시간, 6시간, 24시간에서 유의하게 형광량이 감소하였고, White varnish<sup>®</sup> 제품을 사용한 군에서 6시간, 12시간, 24시간 군이 초기에 비해 형광량이 유의하게 증가하는 것을 볼 수 있었다. V-varnish<sup>®</sup> 제품을 사용한 군에서 6시간, 12시간, 24시간에서 초기에 비해 유의하게 차이가 있었다. Fluoro Dose<sup>®</sup> 제품을 사용한 군에서 12시간, 24시간에서 초기에 비해 유의하게 차이가 있었다.

Table 3. The mean  $\Delta F$  of each group according to the duration of remineralization (%)

		30 mins	1 hour	3 hours	6 hours	12 hours	24 hours
Control (N=12)	Before	-7.30 $\pm$ 0.41	-7.33 $\pm$ 0.40	-7.34 $\pm$ 0.40	-7.35 $\pm$ 0.41	-7.38 $\pm$ 0.41	-7.40 $\pm$ 0.42
	After	-7.27 $\pm$ 0.42	-7.34 $\pm$ 0.46	-7.42 $\pm$ 0.38	-7.44 $\pm$ 0.41	-7.42 $\pm$ 0.40	-7.47 $\pm$ 0.43
	*P-value	0.378	0.649	0.010	0.012	0.248	0.017
White varnish (N=12)	Before	-7.66 $\pm$ 0.53	-7.68 $\pm$ 0.52	-7.66 $\pm$ 0.46	-7.65 $\pm$ 0.52	-7.89 $\pm$ 0.60	-7.81 $\pm$ 0.56
	After	-7.89 $\pm$ 1.07	-7.61 $\pm$ 1.31	-7.36 $\pm$ 0.94	-7.33 $\pm$ 0.67	-7.21 $\pm$ 0.45	-6.90 $\pm$ 0.71
	*P-value	0.387	0.859	0.312	0.028	0.000	0.000
V-varnish (N=12)	Before	-7.34 $\pm$ 0.37	-7.31 $\pm$ 0.38	-7.29 $\pm$ 0.38	-7.28 $\pm$ 0.38	-7.26 $\pm$ 0.36	-7.24 $\pm$ 0.35
	After	-7.40 $\pm$ 0.39	-7.27 $\pm$ 0.38	-7.12 $\pm$ 0.48	-7.00 $\pm$ 0.34	-6.94 $\pm$ 0.30	-6.77 $\pm$ 0.23
	*P-value	0.182	0.432	0.054	0.000	0.000	0.000
Fluoro Dose (N=12)	Before	-7.40 $\pm$ 0.35	-7.39 $\pm$ 0.35	-7.37 $\pm$ 0.35	-7.35 $\pm$ 0.34	-7.33 $\pm$ 0.34	-7.32 $\pm$ 0.35
	After	-7.50 $\pm$ 0.26	-7.35 $\pm$ 0.41	-7.24 $\pm$ 0.18	-7.13 $\pm$ 0.29	-7.07 $\pm$ 0.29	-6.92 $\pm$ 0.39
	*P-value	0.141	0.618	0.092	0.055	0.012	0.001

Values expressed mean  $\pm$  standard deviation.

\* Paired t-test, P-value < 0.05.



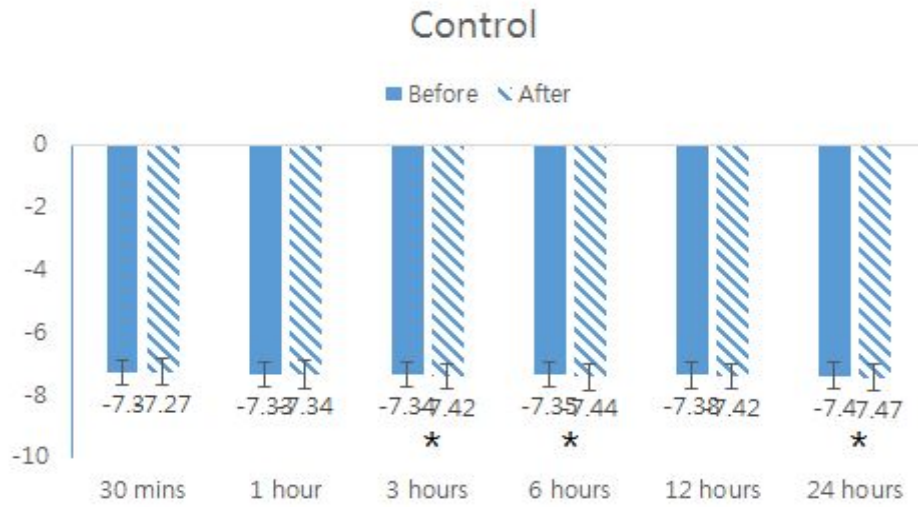


Fig. 5. The mean  $\Delta F$  of control group according to the duration of remineralization (%).

\* Paired t-test, P-value < 0.05.

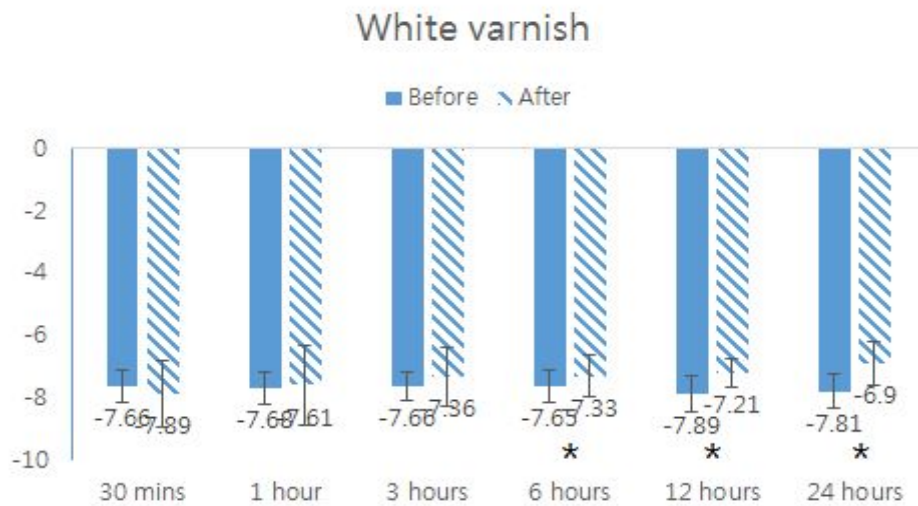


Fig. 6. The mean  $\Delta F$  of White varnish<sup>®</sup> group according to the duration of remineralization (%).

\* Paired t-test, P-value < 0.05.

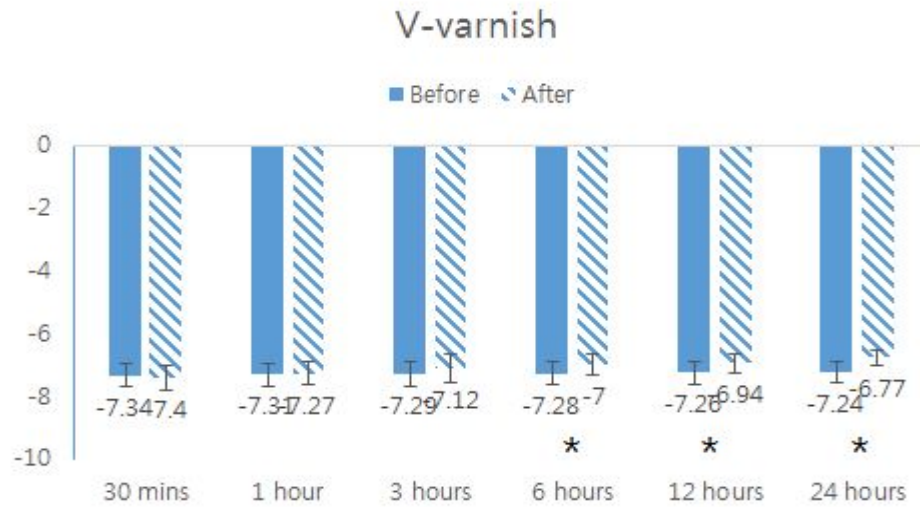


Fig. 7. The mean  $\Delta F$  of V-varnish<sup>®</sup> group according to the duration of remineralization (%).

\* Paired t-test, P-value < 0.05.

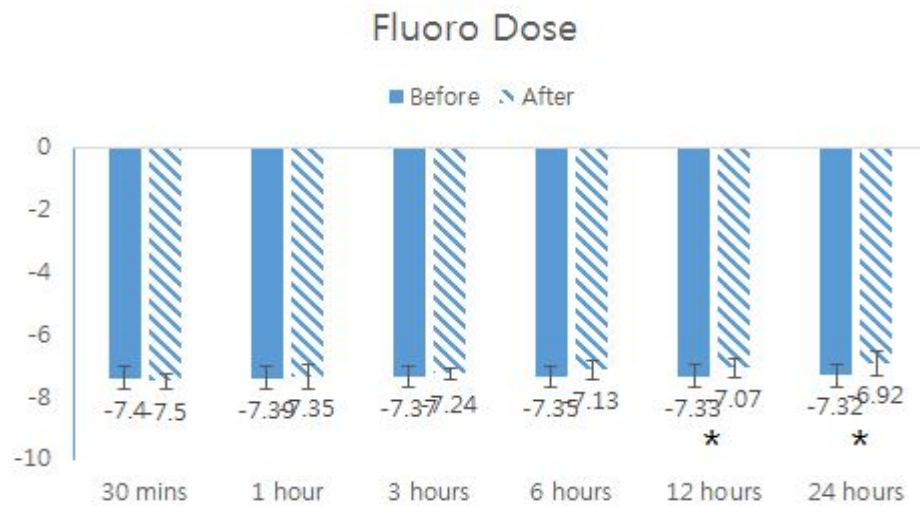


Fig. 8. The mean  $\Delta F$  of Fluoro Dose<sup>®</sup> group according to the duration of remineralization (%).

\* Paired t-test, P-value < 0.05.

## 2. 불소바니쉬 도포 후 경과시간에 따른 형광량 변화

White varnish, V-varnish는 도포 6시간 경과 후 대조군에 비해 형광량 변화량( $\Delta\Delta F$ )이 유의하게 높았고, Fluoro Dose는 도포 12시간 경과 후 대조군에 비해 형광량 변화량이 유의하게 높았으며, White varnish의 형광량 변화량은 도포 12시간과 24시간 경과 시점에서 V-varnish와 Fluoro Dose의 형광량 변화량 보다 컸다(Table 4, Fig. 9).

Table 4. The mean  $\Delta\Delta F$  of each group according to the duration of remineralization (%)

	30 mins	1 hour	3 hours	6 hours	12 hours	24 hours
Control (N=12)	0.03 (0.13)	-0.01 (0.10)	-0.09 (0.10)	-0.09 (0.10)	-0.05 (0.13)	-0.07 (0.09)
White varnish (N=12)	-0.23 (0.88)	0.08 (1.46)	0.31 (1.01)	0.32* (0.43)	0.68* (0.47)	0.91 (0.62)*
V-varnish (N=12)	-0.06 (0.15)	0.04 (0.16)	0.18 (0.28)	0.27* (0.18)	0.32*† (0.21)	0.47*† (0.20)
Fluoro Dose (N=12)	-0.10 (0.22)	0.04 (0.24)	0.13 (0.25)	0.23 (0.36)	0.26† (0.30)	0.40*† (0.29)
‡ P-value	0.581	0.993	0.359	0.008	0.000	0.000

Values expressed mean (standard deviation).

$\Delta\Delta F$  = After application  $\Delta F$  - Baseline  $\Delta F$ .

\* Post hoc Tukey's test with Control group, P-value < 0.05.

† Post hoc Tukey's test with White varnish<sup>®</sup> group, P-value < 0.05.

‡ One-way ANOVA test, P-value < 0.05.

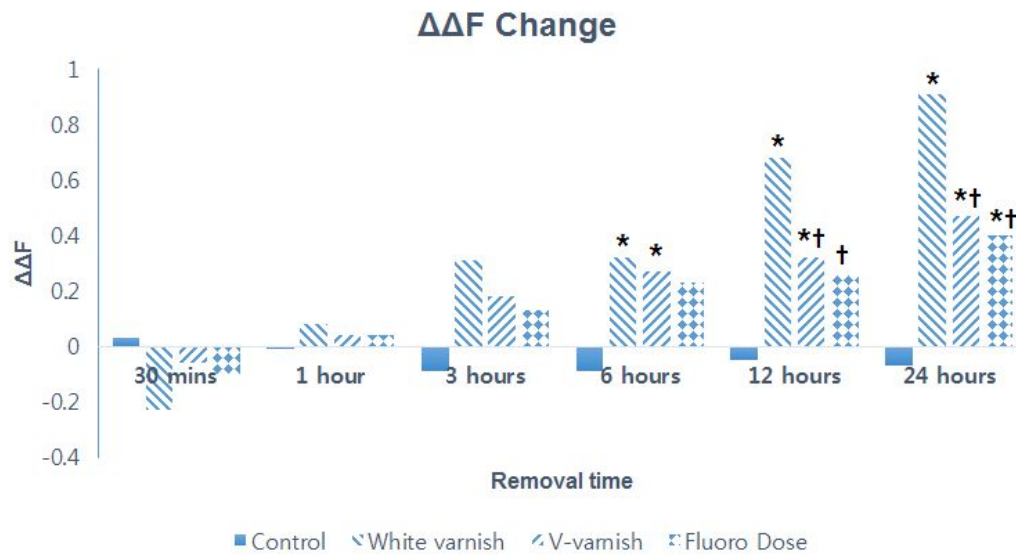


Fig. 9. The mean  $\Delta\Delta F$  of each group according to the duration of remineralization (%).

$\Delta\Delta F$  = After application  $\Delta F$  - Baseline  $\Delta F$ .

\* Post hoc Tukey's test with Control group, P-value < 0.05.

† Post hoc Tukey's test with White varnish<sup>®</sup> group, P-value < 0.05.

### 3. 불소바니쉬 경과시간에 따른 생체내 형광량 변화

각 교정환자에게 불소바니쉬 도포 후 4주 뒤에 측정한 형광량( $\Delta F$ )은 Table 5와 같았다.

Table 5. The mean  $\Delta F$  and  $\Delta\Delta F$  of each group at 4 weeks

Group Name	N	$\Delta F$ (%) <sup>*</sup>		$\Delta\Delta F$ (%)
		Before treatment	After treatment	
Control group				
Upper left	7	-4.41 $\pm$ 3.02	-6.66 $\pm$ 0.57	-2.25 $\pm$ 2.64
Lower right	7	-1.70 $\pm$ 2.92	-6.11 $\pm$ 0.38	-4.41 $\pm$ 2.69
	14	-3.06 $\pm$ 3.18	-6.39 $\pm$ 0.55	-3.33 $\pm$ 2.80
Experimental group				
Upper right	7	-4.40 $\pm$ 3.01	-5.56 $\pm$ 2.47	-1.16 $\pm$ 4.47
Lower left	7	-4.29 $\pm$ 2.94	-3.50 $\pm$ 3.28	0.79 $\pm$ 4.18
	14	-4.34 $\pm$ 2.86	-4.53 $\pm$ 2.99	-0.19 $\pm$ 4.28
<i>P</i> -value		0.423	0.061	0.030

<sup>\*</sup> Values expressed mean  $\pm$  standard deviation.

$\Delta\Delta F$  = After application  $\Delta F$  - Baseline  $\Delta F$ .

대조군에서 초기와 불소바니쉬 도포 4주 후의 유의한 차이가 발생되었고, 실험군에서는 도포 전후의 유의한 차이가 발생하지 않았다. 대조군과 실험군의 형광량 변화량( $\Delta\Delta F$ )을 통계적으로 분석해 본 결과 4주차에서 두 군간에 통계적으로 유의한 차이가 발생하였다( $P < 0.05$ ).

실험군과 대조군을 상악과 하악으로 분리하여 분석한 결과, Table 6과 Table 7과 같았다.

Table 6. The mean  $\Delta F$  and  $\Delta\Delta F$  of each group on maxilla at 4 weeks

Group Name	N	$\Delta F$ (%) <sup>*</sup>		$\Delta\Delta F$ (%)
		Before treatment	After treatment	
Upper left (Control group)	7	-4.41 $\pm$ 3.02	-6.66 $\pm$ 0.57	-2.25 $\pm$ 2.64
Upper right (Experimental group)	7	-4.40 $\pm$ 3.01	-5.56 $\pm$ 2.47	-1.16 $\pm$ 4.47
<i>P</i> -value		0.991	0.272	0.590

\* Values expressed mean  $\pm$  standard deviation.  
 $\Delta\Delta F$  = After application  $\Delta F$  - Baseline  $\Delta F$ .

상악에서는 대조군과 실험군 사이의 형광량 변화는 통계적으로 유의한 차이가 없었다( $P>0.05$ ).

Table 7. The mean  $\Delta F$  and  $\Delta\Delta F$  of each group on mandible at 4 weeks

Group Name	N	$\Delta F$ (%) <sup>*</sup>		$\Delta\Delta F$ (%)
		Before treatment	After treatment	
Lower right (Control group)	7	-1.70 $\pm$ 2.92	-6.11 $\pm$ 0.38	-4.41 $\pm$ 2.69
Lower left (Experimental group)	7	-4.29 $\pm$ 2.94	-3.50 $\pm$ 3.28	0.79 $\pm$ 4.18
<i>P</i> -value		0.124	0.080	0.017

\* Values expressed mean  $\pm$  standard deviation.  
 $\Delta\Delta F$  = After application  $\Delta F$  - Baseline  $\Delta F$ .

하악에서 대조군과 실험군간 형광량 변화는 대조군에서는 형광량이 감소하였고 실험군에서는 형광량이 증가하였으며, 통계적으로 유의한 차이가 있었다( $P<0.05$ ).

#### 4. 불소바니쉬 재도포에 따른 형광량 변화량

상악 우측 소구치에 불소바니쉬 도포 후 4주차에 불소바니쉬 재도포 시 형광량 변화와 하악 우측 소구치에 4주간 자연탈회 후 4주차에 불소바니쉬 도포 시 형광량의 변화를 관찰해 본 결과 다음과 같았다.

Table 8. The mean  $\Delta F$  and  $\Delta\Delta F$  of each group after reapplication on experimental group at 8 weeks

Group Name	N	$\Delta F$ (%) <sup>*</sup>		
		Before treatment	After treatment (4 weeks)	After treatment (8 weeks)
Upper right	7	-4.40 $\pm$ 3.01	-5.56 $\pm$ 2.47	-6.37 $\pm$ 0.39
$\Delta\Delta F$ (%) <sup>†</sup>			-1.16 $\pm$ 4.47	-1.98 $\pm$ 2.88
$\Delta\Delta\Delta F$ (%) <sup>‡</sup>				0.813 $\pm$ 2.28
<i>P</i> -value				0.383

<sup>\*</sup> Values expressed mean  $\pm$  standard deviation.

<sup>†</sup>  $\Delta\Delta F$  (%) = After application  $\Delta F$  (4 weeks, 8 weeks) - Baseline  $\Delta F$ .

<sup>‡</sup>  $\Delta\Delta\Delta F$  (%) =  $\Delta\Delta F$  (8 weeks) -  $\Delta\Delta F$  (4 weeks).

상악에서의 불소바니쉬 재도포 시 4주에서 보다 8주에서 형광량이 약간 감소하여 탈회가 진행되는 경향으로 나타났으나, 통계적으로 유의하지 않았다 (Table 8,  $P > 0.05$ ).

Table 9. Fluorescence difference after application on control group at 8 weeks

Group Name	N	$\Delta F$ (%) <sup>*</sup>		
		Before treatment	After treatment (4 weeks)	After treatment (8 weeks)
Lower right	7	-1.70 $\pm$ 2.92	-6.11 $\pm$ 0.38	-2.57 $\pm$ 3.21
$\Delta\Delta F$ (%) <sup>†</sup>			-4.41 $\pm$ 2.69	-1.01 $\pm$ 4.62
$\Delta\Delta\Delta F$ (%) <sup>‡</sup>				-3.06 $\pm$ 3.27
<i>P</i> -value				0.070

<sup>\*</sup> Values expressed mean  $\pm$  standard deviation.

<sup>†</sup>  $\Delta\Delta F$  (%) = After application  $\Delta F$  (4 weeks, 8 weeks) - Baseline  $\Delta F$ .

<sup>‡</sup>  $\Delta\Delta\Delta F$  (%) =  $\Delta\Delta F$  (8 weeks) -  $\Delta\Delta F$  (4 weeks).

하악에서 4주간 탈회 환경 후 불소바니쉬 도포 시 탈회량이 4주에서 보다 8주에서 형광량이 증가하여 재광화되는 경향을 보였으나, 통계적으로 유의하지 않았다(Table 9,  $P>0.05$ ).

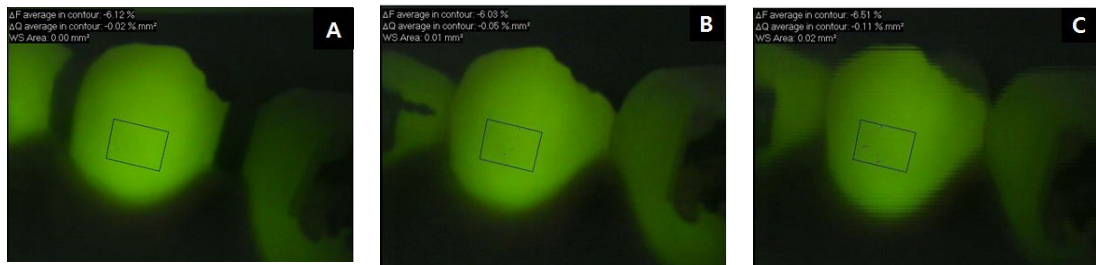


Fig. 10. Quantitative light-Induced fluorescence image on fluoride varnish reapplication group (upper right, #10). A : Baseline. B : 4 weeks. C : 8weeks.

상악 우측 소구치에 불소바니쉬를 도포한 후 4주차에 재도포시 8주차에서 형광량이 증가하는 경향을 보였으나, 통계적으로 유의하지 않았다(Fig. 10,  $P>0.05$ ).

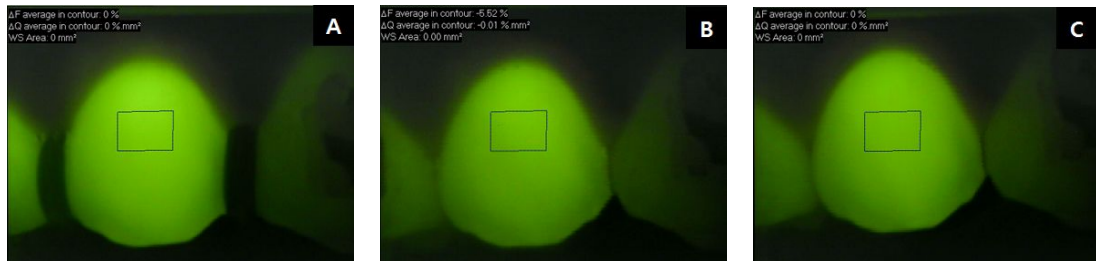


Fig. 11. Quantitative light-Induced fluorescence image on fluoride application group after 4 weeks nature demineralization (lower right, #40). A : Baseline. B : 4 weeks. C : 8 weeks.

하악 우측 소구치에 4주간 자연탈회 후 4주차에 불소바니쉬 도포시 8주차에서 형광량이 증가하는 경향을 보였으나, 통계적으로 유의하지 않았다(Fig. 11,  $P>0.05$ ).



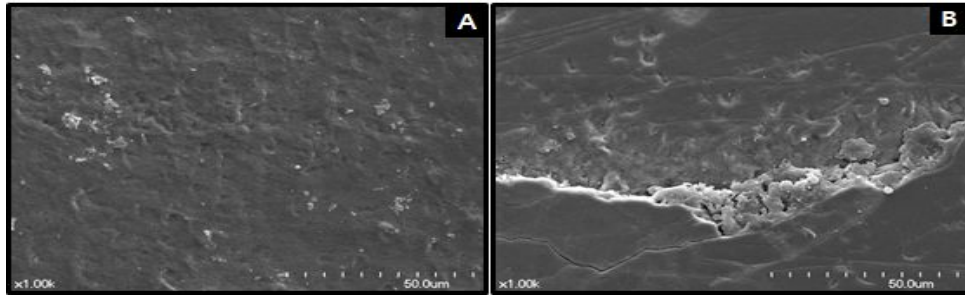


Fig. 12. Scanning electron micrograph of the teeth after fluoride application at 4 weeks.  $\times 1,000$ . A : Experimental group (lower left, #30). B : Control group (upper left, #20).

4주차에 발거된 치아의 SEM 이미지 촬영 결과 불소바니쉬도포 실험군에서 평활한 형태의 상이 나타난 반면, 불소바니쉬비도포 대조군의 치면에서 법랑질 탈회가 관찰되었다(Fig. 12).

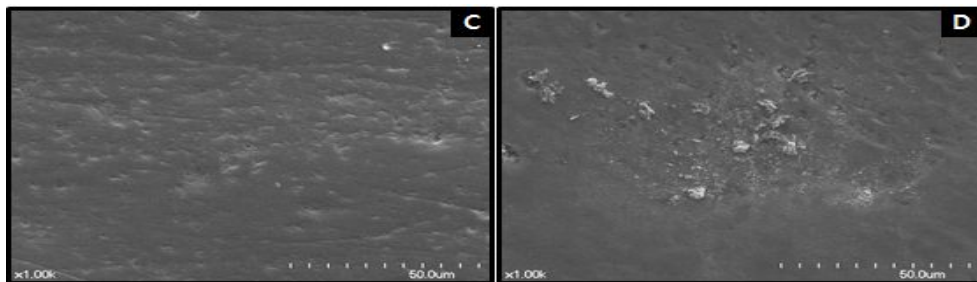


Fig. 13. Scanning electron micrograph of the teeth after fluoride application at 8 weeks.  $\times 1,000$ . C : Experimental group (upper right, #10). D : Control group (lower right, #40).

8주차에 발거된 치아의 SEM 이미지 촬영 결과 초기와 4주차에 불소바니쉬 제도포군에서 평활한 형태의 상이 나타났으며, 초기부터 4주간 자연 탈회 후 4주차에서만 불소바니쉬 도포군의 법랑질 표면에서 평활하고 재광화된 형태의 구상 물질을 확인할 수 있었다(Fig. 13).

## V. 고 안

불소바니쉬는 지각과민증의 완화와 치아우식증의 예방 및 초기 치아우식증 진행 억제 등의 효과가 보고되고 있다. 최근 Benson 등<sup>40)</sup>이 발표한 코크란 리뷰에 따르면 일반치아 및 교정환자에게 6개월 주기의 불소바니쉬 도포는 초기 백색 병소의 발생을 70% 정도 감소시키는 효과를 가지고 있으며, 미국의 질병관리본부<sup>41)</sup>와 미국치과의사협회<sup>42)</sup>는 우식발생위험도가 높은 아동에게 불소바니쉬를 도포할 경우 우식예방효과가 높은 것으로 보고하였다. Twetman과 Peterson<sup>43)</sup>은 4-5세 아동에서 불소바니쉬 적용에 따른 우식 발생 억제 효과를 세계보건기구 (WHO)의 기준에 따라 연구하고 불소바니쉬의 우식 정지효과를 확인하였다. 또한 유치열 및 영구치열에서의 불소바니쉬의 우식 정지효과 및 우식 예방효과에 관한 많은 연구들이 진행되었고, 그 효과가 입증되었다<sup>44-46)</sup>.

불소바니쉬는 다른 불소제품에 비해 치아 표면에 부착이 용이하고 지속적으로 불소를 유리시켜 항우식 효과가 뛰어난 것으로 알려져 있으며, 환자의 협조도에 덜 영향을 받는 것으로 알려져 있다<sup>47)</sup>. 임상적으로 권장되는 불소바니쉬 도포 주기는 미국 ADA와 CDC에서 제안한 최소 1년 2회 이상 6개월 주기로 적어도 2년 이상 지속하는 것을 권장하며, 우식활성도가 높은 사람에게 3개월 주기로 적용하는 것을 권장하고 있으나 아직까지 명백한 적정 도포주기와 횟수가 제시되어 있지 않다<sup>42,43)</sup>.

본 연구에서는 일반적으로 예방목적으로 사용되는 국소불소도포 중 불소바니쉬의 도포에 의한 법랑질 탈회 예방효과를 QLF와 SEM을 통하여 정량적, 정성적으로 평가하였다. 초기 치아우식병소의 경우 진행성 우식으로 이행되기 전 진단하는 것이 중요하고<sup>48)</sup>, 이러한 치아우식증을 관찰하기 위한 실험적 방법으로, 편광현미경, 미세경도 측정법, 주사레이저 현미경 등이 사용되고 있으나 침습적인 방법으로 임상에서 환자에게 실제적으로 적용하기는 어렵다<sup>49-51)</sup>. 이번 연구에서 사용한 QLF는 전통적인 검사방법 보다 비와동성우식 및 미세

병소도 관찰이 가능한 장비로 초기 탐지능력이 우수하며<sup>52)</sup>, Aljehani 등<sup>53)</sup>은 교정장치가 부착된 치아 주변의 백색병소를 정량화 함에 있어, QLF가 다른 우식탐지기 보다 더 재현성이나 정확성이 뛰어난 값을 가진다고 하였다. 또한 QLF는 교정치료 중인 환자를 비침습적으로 측정할 수 있기 때문에 실제 사람의 구강 내 환경에서 연구하는 임상 연구(in vivo)에 적합하게 사용할 수 있었다. 생체 내에서 치질을 QLF로 측정한 형광량은 수분의 포함 여부에 따라 빛의 산란에 영향을 미쳐 그 값이 달라지게 되는데<sup>54)</sup>, Ando 등<sup>38)</sup>의 연구에 따르면 압축공기를 통한 건조 시간이 3초 이상 되어야 탈회된 치질에서의 자가형광성이 뚜렷하게 나타난다고 하였다. 또한 임상시험의 특성상 측정과정에서 다양한 변수들이 발생될 수 있으므로, QLF 측정 후 교정발거한 해당 치아들을 SEM 이미지 촬영을 통해 보완적으로 관찰하여, 정량적으로 나온 QLF 데이터와 비교해 정성적인 분석을 추가하였다.

이번 연구에서 QLF를 이용한 법랑질 탈회량을 살펴본 결과, 4주차에 대조군에서 불소바니쉬를 도포한 실험군보다 뚜렷하게 형광량의 소실이 일어났으며, 이는 불소바니쉬 도포를 통해 교정환자에서 치아우식증의 예방효과가 있다고 결론지을 수 있다. 이는 기존의 진행된 불소바니쉬의 우식억제 효과에 관한 임상 연구들과 같은 양상을 보이며<sup>55,56)</sup>, 이러한 정량적 결과들을 SEM 이미지를 통해 정성적으로 분석해 본 결과 초기에 불소바니쉬를 도포한 하악 좌측 소구치에서 자연 마모된 경향성 외에 뚜렷한 거친 부분을 확인할 수 없었지만, 대조군으로 불소바니쉬를 도포하지 않은 상악 좌측의 소구치 같은 경우 SEM 이미지 상에서 탈회된 표면을 확인할 수 있었다. 또한 초기와 4주차에 불소바니쉬를 연속적으로 재도포한 상악 우측 소구치의 경우 자연적인 스크래치 외의 평활한 면을 확인할 수 있었으며, 초기에 4주간 자연탈회 시킨 후 4주차에 불소바니쉬를 도포한 하악 우측 소구치의 경우 재광화된 구상형태의 물질들을 확인할 수 있었다. 이는 기존에 연구된 불소로 재광화된 결정의 방향성이 건전법랑질처럼 건전하지 않고, 무작위적인 방향성을 가지며, 재광화 이후에도 건전법랑질의 무기질 밀도를 100% 회복하지 못한다는 연구 결과와

유사하였다<sup>57)</sup>.

불소바니쉬의 법랑질 재광화 효과 및 적정 도포 후 경과시간에 대해 연구한 실험실 연구에서 임상에서 사용되는 세 가지 종류의 제품들을 이용하여, 분석한 결과 각각의 제품들에 따라 법랑질 재광화 효과가 나타나는 도포 후 경과시간에 차이가 있었다. White varnish<sup>®</sup>와 V-varnish<sup>®</sup> 제품군의 경우 6시간 이후에 법랑질 재광화에 따른 형광량 변화가 나타났으며, 기존에 탈회된 법랑질에 적용하는 불소바니쉬 적용 시간에 대한 연구는 거의 미미하여, 임상적 지침으로 제시하기에 적합하다고 사료되었다. 또한 Fluoro Dose<sup>®</sup> 제품군 같은 경우 12시간 이후에 유의한 형광량 변화량이 나타났다. 또한 6시간과 12시간 제거 시점에서 White varnish<sup>®</sup> 제품군이 다른 제품군에 비해 유의하게 형광량 증가량이 증가하였다. Shen과 Autio-Gold<sup>58)</sup>의 연구에 따르면 각각의 바니쉬의 물성이 불소 유리량에 영향을 미치는 점과 불소국소도포 시 적용되는 불소의 형태나 부가적으로 첨가된 물질에 따른 재광화 효과 차이에 기인한 것으로 보인다<sup>43-45)</sup>. 결과적으로 각 제품에 포함되어 있는 부가적인 물질들과 바니쉬마다 가지고 있는 고유한 물성 차이에 기인하여 제품군 법랑질 재광화 효과에 차이가 발생하였다고 사료되며, 보다 정확한 제품간 차이 발생 원인을 찾기 위해선 추가적으로 동일 제품군에 부가적 산물과 불소 형태를 달리한 추가 실험이 필요하다고 사료되었다.

이러한 불소바니쉬의 재광화 효과를 기반으로 진행된 교정환자에게 불소바니쉬 적용에 따른 우식예방효과와 법랑질 재광화 효과를 평가한 임상시험에서 불소바니쉬 도포 4주 후 도포 부위를 상악·하악으로 분리하여 분석해 본 결과, 상악에서는 대조군과 실험군의 형광량 변화가 유의하지 않은 반면, 하악에서는 대조군과 실험군에서 형광량 변화가 유의하게 나타났다. 기존의 Wenderoth 등<sup>59)</sup>의 연구에 따르면 상·하악의 탈회량은 차이가 발생하는데, 통상적으로 상악의 전치부 탈회량이 하악 전치부보다 많으며, 부위별로는 상악 측절치와 하악 구치부에서 가장 많은 탈회량을 보이는 것으로 나타났다. 또한 다른 연구에서도 전체적으로는 상악이 하악보다 탈회량이 크지만 부위별로는

상악 전치부와 하악구치부가 탈회량이 많다고 보고되었는데<sup>60,61)</sup>, 이는 음식물의 저류 효과 및 여러 가지 요인에 기인한다고 하였다. 본 연구에서도 이러한 상하악의 기본적인 탈회량의 차이에 기인하여 본 연구에서의 상악과 하악에서의 형광량 변화에 영향을 미친 것으로 사료되었다. 그러나 실험 설계적인 특성상 split mouth 모델을 통한 바니쉬 효과를 평가하였으나, 실제 임상에서 환자에게 불소바니쉬 도포시 전악을 도포하는 경우가 많아 구강내 불소이온 잔류량의 차이가 있을 수 있어 향후 이를 보완한 실험설계가 필요하다고 사료되었다.

초기에 불소바니쉬를 도포하고 4주 뒤에 반복적으로 불소바니쉬를 도포한 상악 우측 부위에서 탈회량이 증가하는 경향성을 보였으나, 통계학적으로 유의하지 않았다. 반면 초기 4주간 자연탈회 후 불소바니쉬를 도포하여 재광화 효과를 분석한 하악 우측 부위의 경우 탈회량이 줄어드는 경향성을 보였으나, 이 또한 통계학적으로 유의하지 않았다. 이는 표본수가 적었으며, 환자마다 진행되는 탈회 정도와 재광화 정도가 달라 대상자들 간의 차이에 대한 통계적 분석이 용이하지 않은 한계점이 있다고 생각되었다. 그럼에도 불구하고 4주간 자연탈회 후 불소바니쉬를 도포하여 탈회량이 줄어드는 경향성을 보인 점과 SEM 정성분석 결과 불소바니쉬 비도포후 도포군에서 구상형태의 재광화 법랑질 표면이 관찰되는 점을 보면 통상적으로 4주를 주기로 정기검진을 진행하는 교정치료환자들에서 초기 우식증 발견 시 불소바니쉬 도포가 법랑질 재광화에 도움을 줄 수 있다고 사료되었다. 또한 임상시험 4주차에 치아 표면의 정성적 분석을 위하여 예정된 발거를 시행하여, 발거된 치아는 SEM촬영을 통해 분석되었다, 따라서 부득이하게 동일 치아에서의 효과 판별을 진행하였으므로 추후 보다 정확한 분석을 위하여 실험실 실험 혹은 임상시험에서 음성대조군을 포함한 장기간의 추가 실험이 필요할 것으로 검토되었다.

## VI. 결 론

TCP 배합 불소바니쉬의 법랑질표면에 대한 탈회예방효과와 재광화효과를 위한 효율적인 도포 후 경과시간을 알아보기 위하여 우치를 이용한 시편 및 교정환자를 대상으로 QLF 형광량 변화와 SEM을 이용한 방법으로 다음과 같은 결론을 얻었다.

1. TCP를 배합한 불소바니쉬는 도포 6시간 경과 후 법랑질 형광량이 유의하게 증가하였고, TCP를 배합하지 않은 불소바니쉬는 도포 12시간 경과 후 법랑질 형광량이 유의하게 증가하였다.
2. 불소바니쉬비도포 교정밴드장착대조군은 4주 경과한 후에 형광량이 통계적으로 유의하게 감소한 반면, 불소바니쉬도포 교정밴드장착실험군에서는 유의한 형광량 감소가 나타나지 않았다.
3. 임상시험 4주차에 발거된 소구치의 SEM 정성분석 결과는 대조군에서 자연 탈회가 진행되는 양상이 관찰되었고, 실험군에서는 탈회가 진행되지 않는 평활한 형태가 관찰되었다. 임상시험 8주차에 발거된 소구치의 SEM 정성분석 결과는 불소바니쉬 재도포 군에서 평활한 표면상태가 유지되었고, 4주간 자연 탈회 후 불소바니쉬 도포군에서는 구상형태의 재광화된 법랑질 표면이 관찰되었다.
4. 임상시험 8주차의 불소바니쉬재도포군은 초기에 불소바니쉬를 도포한 임상시험 4주차의 형광량에 비해 형광량이 약간 감소하였으나, 통계적 유의성은 없었다. 4주간 자연탈회 후 불소바니쉬를 도포한 임상시험 8주차의 형광량은 4주간 자연탈회한 임상시험 4주차의 형광량에 비해 증가하는 경향을 보였으나, 통계적으로 유의한 차이는 없었다.

이상의 연구 결과를 통해 TCP를 배합한 불소바니쉬의 경우, 6시간 정도 유지한 경우에 법랑질 표면의 형광량 증가를 나타냄으로 불소 바니쉬

도포시 충분한 시간동안 치아표면에 부착할 수 있도록 하는 것이 필요하리라고 검토되었으며, 임상에서 불소바니쉬를 도포하는 경우에는 치아표면의 건전 유무와 무관하게 불소바니쉬에 의한 재광화 현상이 관찰되어, 치아우식예방측면에서 불소바니쉬의 사용을 권장해야 할 것으로 검토되었다.

## References

1. Silverstone LM. Observation on the dark zone in early enamel caries and artificial like lesions. *Caries Res* 1967;1:267-287.
2. Heintz S, Georg P. Oral health for the orthodontic patients. 1<sup>st</sup> ed. Philadelphia: Mosby, 1999, pp. 2-9, 94-97.
3. Proffit WR, White RP, Sarver DM. Contemporary treatment of dentofacial deformity. St Louis: Mosby, 2003, p. 681.
4. Ogaard B. Prevalence of white spot lesions in 19-year-olds: a study on untreated and orthodontically treated persons 5 years after treatment. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 1989;96:423-427.
5. Bishara SE, Ostby AW. White spot lesions: formation, prevention, and treatment. *Semin Orthod* 2008;14:174-182.
6. O'Reilly M, Featherstone D. Demineralization and remineralization around orthodontic appliances: an in vivo study. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 1987;92:33-40.
7. Geiger AM, Gorelick L, Gwinnett AJ, Benson BJ. Reducing white spot lesions in orthodontic populations with fluoride rinsing. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 1992;101:403-407.
8. Bravo M, Garcia-Anllo I, Baca P, Llodra JC. A 48-month survival analysis comparing sealant (Delton) with fluoride varnish (Duraphat) in 6-to 8-year-old children. *Community Dent Oral Epidemiol* 1997;25:247-250.
9. Gorton J, Featherstone JD. In vivo inhibition of demineralization around orthodontic brackets. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 2003;123:10-14.
10. Beltran-Aguilar D, Goldstein JW, Lockwood SA. Fluoride varnishes: a review of their clinical use, cariostatic mechanism, efficacy and safety.



J Am Dent Assoc 2000;131:589-596.

11. Kim JB, Paik DI, Moon HS, Choi YJ, Shin SC, Kwon HK, et al. Clinical Preventive Dentistry. 4th ed. Seoul, Komoonso, 2009, pp. 277-282.
12. Korean Academy of Pediatric Dentistry. Pediatric Dentistry. 3rd ed Seoul, Shinhung international, 2009, pp. 160-165.
13. Ogaard B, Duschner H, Ruben J, Arends J. Microradiography and confocal laser scanning microscopy applied to enamel lesions formed in vivo with and without fluoride varnish treatment. Eur J Oral Sci 1996; 104:383-387.
14. Shobha T, Nandlal B, Prabhakar AR, Sudha P. Fluoride varnish versus acidulated phosphate fluoride for school children in Manibal. J Indian Dent Assoc 1987;59:157-160.
15. Tewari A, Chawla HS, Utreja A. Comparative evaluation of the role of NaF, APF and Duraphat topical fluoride applications in the prevention of dental caries: A 2 1/2 years study. J Indian Soc Pedo Prev Dent 1990;8:28-35.
16. Seppa L, Leppanen T, Hausen H. Fluoride varnish versus acidulated phosphate fluoride gel: A 3-year clinical trial. Caries Res 1995;29:273-330.
17. Carey CM. Focus on fluorides: update on the use of fluoride for the prevention of dental caries. J Evid Based Dent Pract 2014;14:95-102.
18. Chu CH, Lo EC. A review of sodium fluoride varnish. Gen Dent 2006;54:247-253.
19. Lam A, Chu CH. Caries management with fluoride varnish of children in U.S. NY state Dent J 2011;77:38-42.
20. Karlinsey RL, MacKey AC, Walker ER, Frederic KE. Surfactant-

modified  $\beta$ -TCP: structure, properties, and in vitro remineralization of subsurface enamel lesions. *J Mater Sci* 2010;21:2009–2020.

21. Karlinse RL, Mackey AC, Stookey GK, Pfarrer AM. In vitro assessments of experimental NaF dentifrices containing a prospective calcium phosphate technology. *Am J Dent* 2009;22:180–184.
22. Alamoudi SA, Pani SC, Alomari M. The effect of the addition of tricalcium phosphate to 5% sodium fluoride varnishes on the microhardness of enamel of primary teeth. *Int J Dent*. 2013;2013:486358.
23. Schemehorn BR, Wood GD, McHale W, Winston AE. Comparison of fluoride uptake into tooth enamel from two fluoride varnishes containing different calcium phosphate sources. *J Clin Dent* 2011;22:51–54.
24. Rirattanapong P1, Vongsavan K, Suratit R, Tanaiutchawoot N, Charoenchokdilok V, Jeansuwannagorn S, et al. Effect of various forms of calcium in dental products on human enamel microhardness in vitro. *Southeast Asian J Trop Med Public Health* 2012;43:1053–1058.
25. Verdonshot EH, Angmar-Månsson B. Advanced methods of caries diagnosis and quantification, in dental caries. The disease and its clinical management, Fejerskov & Kidd, Eds., Blackwell Munksgaard, Oxford, UK, 2003, pp. 129–139.
26. Young DA, Featherstone JDB. Digital imaging fiber-optic transillumination, F-speed radiographic film and depth of approximal lesions. *JADA* 2005;136:1682–1687.
27. Khalife MA, Boynton JR, Dennison JB, Yaman P, Hamilton JC. In vivo evaluation of Diagnodent for the quantification of occlusal dental caries. *Oper Dent* 2009;34:136–141.
28. Huth KC, Neuhaus KW, Gygax M. Clinical performance of a new laser fluorescence device for detection of occlusal caries lesions in permanent molars. *J Dent* 2008;36:1033–1040.

29. Angmar-Månsson B, ten Bosch JJ. Quantitative light-induced fluorescence (QLF): a method for assessment of incipient caries lesions. *Dentomaxillofac Radiol* 2001;30:298-307.
30. Stookey GK. Quantitative light fluorescence: a technology for early monitoring of the caries process. *Dent Clin North Am* 2005;49:753-770.
31. Wu J, Donly ZR, Donly KJ, Hackmyer S. Demineralization depth using QLF and a novel image processing software. *Int J Dent* 2010;2010: 958264.
32. Nakata K, Nikaido T, Ikeda M, Foxton RM, Tagami J. Relationship between fluorescence loss of QLF and depth of demineralization in an enamel erosion model. *Dent Mater J* 2009;28:523-529.
33. Verdonschot EH, Angmar-Månsson B. Advanced methods of caries diagnosis and quantification. In: Fejerskov O, Kidd E (eds) *Dental caries. The disease and its clinical management*. Frederiksberg, Blackwell Munksgard, 2003, pp. 129-139.
34. Aljehani A, Tranaeus S, Forsberg CM, Angmar-Månsson B, Shi XQ. In vitro quantification of white spot enamel lesions adjacent to fixed orthodontic appliances using quantitative light-induced fluorescence and diagenodent. *Acta Odontol Scand* 2004;62:313-318.
35. Reynolds EC. Remineralization of enamel subsurface lesions by casein phosphopeptide-stabilized calcium phosphate solutions. *J Dent Res* 1997; 76:1587-1595.
36. Bennick A, Cannon M. Quantitative study of the interaction of salivary acidic proline-rich proteins with hydroxyapatite. *Caries Res* 1978;12: 159-169.
37. Lee KH, Jee YJ, Lee CH, Choi YH, Park JH, Choi HN. Clinical study on toothbrushing forces. *Int J Clin Prev Dent* 2007;3:92-100.
38. Ando M, Schemehorn BR, Eckert GJ, Zero DT, Stookey GK. Influence

of enamel thickness on quantification of mineral loss in enamel using laser-induced fluorescence. *Caries Res* 2003;37:24-28.

39. Derrick Willmot. White spot lesions after orthodontic treatment. *Semin Orthod* 2008;14:209-219.
40. Benson PE, Parkin N, Dyer F, Millett DT, Furness S, Germain P. Fluorides for the prevention of early tooth decay (demineralised white lesions) during fixed brace treatment. *Cochrane Database Syst Rev* 2013;12:CD003809.
41. Centers for Disease Control and Prevention. Recommendations for using fluoride to prevent and control dental caries in the United States. *MMWR Recomm Rep* 2001;17;50(RR-14):1-42.
42. American Dental Association Council on Scientific Affairs. Professionally applied topical fluoride: evidence-based clinical recommendations. *J Am Dent Assoc* 2006;137:1151-1159.
43. Twetman S, Petersson LG. Prediction of caries in pre-school children in relation to fluoride exposure. *Eur J Oral Sci* 1996;104:523-528.
44. ten Cate JM. Contemporary perspective on the use of fluoride products in caries prevention. *Br Dent J* 2013;214:161-167.
45. Tufekci E, Dixon JS, Gunsolley JC, Lindauer SJ. Prevalence of white spot lesions during orthodontic treatment with fixed appliances. *Angle Orthod* 2011;81:206-210.
46. Rogers S, Chadwick B, Treasure E. Fluoride-containing orthodontic adhesives and decalcification in patients with fixed appliances: a systematic review. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 2010;138:390-391.
47. Lippert F. Fluoride release from fluoride varnishes under acidic conditions. *J Clin Pediatr Dent* 2014;39:35-39.
48. Ismail AI. Clinical diagnosis of precavitated carious lesions. *Community*

Dent Oral Epidemiol 1997;25:13-23.

49. Ogaard B, Rølla G.J. The in vivo orthodontic banding model for vital teeth and the in situ orthodontic banding model for hard-tissue slabs. J Dent Res 1992;71:832-835.
50. Benson PE, Pender N, Higham SM. An in situ caries model to study demineralisation during fixed orthodontics. Clin Orthod Res 1999;2:143-153.
51. Fontana M1, Li Y, Dunipace AJ, Noblitt TW, Fischer G, Katz BP, et al. Measurement of enamel demineralization using microradiography and confocal microscopy. A correlation study. Caries Res 1996;30:317-325.
52. Kühnisch J, Ifland S, Tranaeus S, Hickel R, Stösser L, Heinrich-Weltzien R. In vivo detection of non-cavitated caries lesions on occlusal surfaces by visual inspection and quantitative light-induced fluorescence. Acta Odontol Scand 2007;65:183-188.
53. Aljehani A, Tranaeus S, Forsberg CM, Angmar-Månsson B, Shi XQ. In vitro quantification of white spot enamel lesions adjacent to fixed orthodontic appliances using quantitative light-induced fluorescence and diagenodent. Acta Odontol Scand 2004;62:313-318.
54. Ando M, van Der Veen MH, Schemehorn BR, Stookey GK. Comparative study to quantify demineralized enamel in deciduous and permanent teeth using laser- and light-induced fluorescence techniques. Caries Res 2001;35:464-470.
55. Rechmann P, Charland DA, Rechmann BM, Le CQ, Featherstone JD. In-vivo occlusal caries prevention by pulsed CO<sub>2</sub>-laser and fluoride varnish treatment-a clinical pilot study. Lasers Surg Med 2013;45:302-310.
56. Grover S, Sidhu MS, Prabhakar M, Jena S, Soni S. Evaluation of fluoride varnish and its comparison with pumice prophylaxis using

self-etching primer in orthodontic bonding-an in vivo study. Eur J Orthod 2012;34:198-201.

57. Ten Cate JM, van Loveren C. Fluoride mechanisms. Dent Clin North Am 1999;43:713-742.
58. Shen C, Autio-Gold J. Assessing fluoride concentration uniformity and fluoride release from three varnishes. J Am Dent Asso 2002;133:176-182.
59. Wenderoth CJ, Weinstein M, Borislow AJ. Effectiveness of a fluoride-releasing sealant in reducing decalcification during orthodontic treatment. Am J Orthod Dentofacial Orthop 1999;116:629-634.
60. Mackay TD, Thomson WM. Enamel defects and dental caries among Southland children. N Z Dent J 2005;101:35-43.
61. Mizrahi E. Surface distribution of enamel opacities following orthodontic treatment. Am J Orthod 1983;84:323-331.

## Abstract

# Remineralization effects of fluoride varnish containing TCP on enamel surface

Lee Han-Chul, DDS, MSD

Department of Preventive and Social Dentistry,  
The Graduate School, Seoul National University

(Directed by Prof. Jin Bo-Hyoung, DDS, MSD, PhD)

Among topical fluoride applications, fluoride varnish approach is one of effective methods used for caries prevention and remineralization of enamel.

The purpose of this study was to conduct for the remineralization effect evaluation and proper application time of fluoride varnish. *In vivo* and *in vitro* study was conducted to observe the prevention of enamel and remineralization effect of enamel. Three kinds of white fluoride varnish products were selected to evaluate the effect *in vitro* situation. We applied fluoride varnish on the artificially demineralized bovine enamel specimens for 30 minutes, 1 hour, 3 hours, 6 hours, 12 hours, 24 hours each by six

groups. QLF was used to evaluate the remineralization effect.

For the in-vivo study, 28 premolars were selected by whom were planned to extract for the purpose of orthodontic treatment. For the experimental group, fluoride varnish applied to the sound tooth surface, and orthodontic band cover the applied surface for four weeks. For the control group, an orthodontic band was applied directly to the teeth to make an artificial carious-like lesion. After four weeks, fluoride varnish re-applied on the tooth surface. After that, the re-charge and remineralization effect of fluoride varnish on the fluoride varnish applied teeth, or artificial carious-like lesions were re-evaluated following the schedule. The collected results were as followed.

1. When fluoride varnish containing TCP was applied up to 6 hours, amount of enamel fluorescence was significantly increased and when non-TCP fluoride varnish was applied up to 12 hours, amount of enamel fluorescence was significantly increased.
2. In vivo experiments, the amount of fluorescence was reduced significantly during the four weeks in control group. However, the amount of fluorescence loss in experimental groups were not statistically significant.
3. After four weeks in-vivo experiments, a qualitative analysis was done through SEM after the extraction of premolars. In the control group, a carious-like demineralized lesion was detected. However, the smooth surface form was observed on the fluoride varnish applied experimental group. Re-applied surface condition from the group of applying fluoride varnish resulted by SEM images of a premolar tooth extraction time of 8 weeks were maintained and continuously smooth. In the group of



applied fluoride varnish after 4 weeks natural demineralization, the spherical shape surface was observed.

4. A mount of fluorescence on 4 weeks later re-applied group was reduced slightly, this was not statistically significant. a mount of fluorescence on 4 weeks natural demineralization and fluoride varnish applied group was showed a tendency to increase, there was no statistically significant difference at 8 weeks.

---

**Keywords :** demineralization, enamel surface, fluoride varnish, remineralizatoin, QLF, SEM

**Student Number :** 2007-31004